



PATENT  
Attorney Docket No. 2887.0253

In re Application of: )  
KAZUHIRO SAITO ET AL. )  
Application No.: 10/681,165 ) Group Art Unit: Unknown  
Filed: October 9, 2003 ) Examiner: Unknown  
For: STEAM TURBINE SYSTEM )  
INSPECTING METHOD )

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

**CLAIM FOR PRIORITY**

Sir:

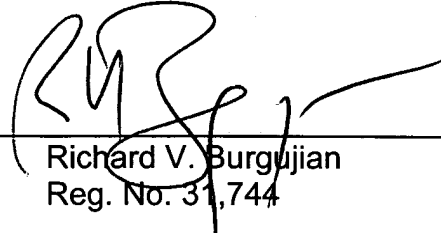
Under the provisions of Section 119 of 35 U.S.C., Applicants hereby claim the benefit of the filing date of Japanese Patent Application No. 2002-297068, filed October 10, 2002, for the above identified United States patent application.

In support of Applicants' claim for priority, a certified copy of the priority application is filed herewith.

Respectfully submitted,

FINNEGAN, HENDERSON, FARABOW,  
GARRETT & DUNNER, L.L.P.

Dated: 11/19/03

By:   
Richard V. Burgujian  
Reg. No. 31,744

FINNEGAN  
HENDERSON  
FARABOW  
GARRETT &  
DUNNER LLP

1300 I Street, NW  
Washington, DC 20005  
202.408.4000  
Fax 202.408.4400  
www.finnegan.com

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 2 年 1 0 月 1 0 日  
Date of Application:

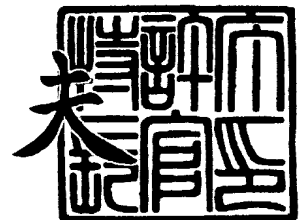
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 2 - 2 9 7 0 6 8  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 2 - 2 9 7 0 6 8 ]

出      願      人                      株 式 会 社 東 芝  
Applicant(s):

2 0 0 3 年    9 月 1 7 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 0 7 6 2 9 9

【書類名】 特許願

【整理番号】 13646501

【提出日】 平成14年10月10日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 F02D 21/00

【発明の名称】 タービンの点検診断方法及び点検診断装置

【請求項の数】 10

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市鶴見区末広町 2 丁目 4 番地 株式会社東芝 京浜事業所内

【氏名】 齋 藤 和 宏

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市鶴見区末広町 2 丁目 4 番地 株式会社東芝 京浜事業所内

【氏名】 藤 山 一 成

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市鶴見区末広町 2 丁目 4 番地 株式会社東芝 京浜事業所内

【氏名】 平 澤 泰 治

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市鶴見区末広町 2 丁目 4 番地 株式会社東芝 京浜事業所内

【氏名】 長 井 敏

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市鶴見区末広町 2 丁目 4 番地 株式会社東芝 京浜事業所内

【氏名】 藤 原 敏 洋

## 【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社東芝 本社事務所内

【氏名】 吉 瀬 仁 志

## 【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社東芝 本社事務所内

【氏名】 児 玉 寛 嗣

## 【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社東芝 本社事務所内

【氏名】 岡 崎 光 芳

## 【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号

【氏名又は名称】 株式会社 東 芝

## 【代理人】

【識別番号】 100075812

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉 武 賢 次

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100091982

【弁理士】

【氏名又は名称】 永 井 浩 之

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100096895

【弁理士】

【氏名又は名称】 岡 田 淳 平

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100105795

【弁理士】

【氏名又は名称】 名 塚 聡

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100106655

【弁理士】

【氏名又は名称】 森 秀 行

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100117787

【弁理士】

【氏名又は名称】 勝 沼 宏 仁

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100073379

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐 藤 政 光

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 087654

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 タービンの点検診断方法及び点検診断装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

外部ケーシングを開放せずに、蒸気タービン内部を点検診断する点検診断方法において、タービンの内部温度が 1 0 0 ℃以上の状態で、計測孔部から第 1 の計測手段を挿入して得た点検対象の状況を示すデータと、その点検時におけるタービン内部温度データを用い、タービンの健全性を評価することを特徴とする、タービンの点検診断方法。

【請求項 2】

外部ケーシングを開放せずに、タービン内部を点検診断する点検診断方法において、タービンの内部温度が 1 0 0 ℃以上の高温状態で、点検部位に設けた第 2 の計測手段により得た点検対象の状況を示すデータと、その点検時におけるタービン内部温度データを用い、タービンの健全性を評価することを特徴とする、タービンの点検診断方法。

【請求項 3】

点検時の内部タービン温度を 1 0 0 ℃以上 3 0 0 ℃以下としたことを特徴とする、請求項 1 または 2 記載のタービンの点検診断方法。

【請求項 4】

点検時の内部タービン温度を 1 0 0 ℃以上、第 2 の計測手段のキュリー点温度以下としたことを特徴とする、請求項 2 記載のタービンの点検診断方法。

【請求項 5】

計測手段による計測によって得られたクラックに関する、大きさ、位置、方向のデータと、点検時のタービン温度と、その点検時のタービン温度から計算した該当部位の応力分布データとを基に、上記クラックの有害度を評価して、タービンの健全性を評価することを特徴とする、請求項 1 または 2 記載のタービンの点検診断方法。

【請求項 6】

タービンの各部材間の間隙または侵食量から得られる間隙に関するデータ、ま

たはスケール厚さから得られる間隙に関するデータと、点検時のタービン温度と、その点検時のタービン温度から計算した該当部位の運転中の間隙変化とを基に、間隙、または侵食量の有害度を評価して、タービンの健全性を評価することを特徴とする、請求項 1 または 2 記載のタービンの点検診断方法。

【請求項 7】

互いにタービン温度が異なる少なくとも 2 つ以上の時点で点検を行い、各々の点検時のタービン温度にて得られた点検対象のデータを基に、点検部位における点検対象の有害度を評価してタービンの健全性を評価することを特徴とする、請求項 1 または 2 記載のタービンの点検診断方法。

【請求項 8】

各々の点検時のタービン温度にて得られた点検対象のデータと、タービン温度 1 0 0 ℃未滿の点検時の点検対象のデータを基に、該当部位の点検対象の有害度を評価してタービンの健全性を評価することを特徴とする、請求項 7 記載のタービンの点検診断方法。

【請求項 9】

タービンの計測孔部からタービン内に挿入し、内部温度が 1 0 0 ℃以上の状態でタービン内の点検部位における点検対象の状態を計測する第 1 の計測手段と、その点検時におけるタービン内部温度を検出するタービン内部温度検出手段と、上記第 1 の計測手段により計測された点検部位における点検対象の状態とその点検時におけるタービン内部温度とにより、タービンの健全性を評価する健全性評価手段とを有することを特徴とする、タービンの点検診断装置。

【請求項 1 0】

タービンの点検部位に設けられ、内部温度が 1 0 0 ℃以上の状態におけるタービン内の点検部位における点検対象状態を計測する第 2 の計測手段と、その点検時のタービン内部温度を検出するタービン内部温度検出手段と、上記第 2 の計測手段により計測された点検部位における点検対象の状態とその点検時におけるタービン内部温度とにより、タービンの健全性を評価する健全性評価手段とを有することを特徴とする、タービンの点検診断装置。

【発明の詳細な説明】

**【 0 0 0 1 】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、タービンの点検診断方法及び点検診断装置に係り、更に詳細には、タービンの外部ケーシングを開放せずに、タービン内部を点検診断する方法、及び点検診断装置に関する。

**【 0 0 0 2 】****【従来の技術】**

作動流体により駆動されるタービン、特に蒸気タービンでは、材料の経年劣化現象やエロージョンなどに伴う損傷の発生が常に懸念される。このため、タービンの性能、効率を維持するため、また、損傷兆候が現れた場合に、それが大規模な損傷に至る前に発見するため、タービンでは定期的な点検が行なわれている。蒸気タービンにあってはタービン主機の場合、主な点検部位は、動翼、静翼、ロータ、高／中圧ケーシング、弁、蒸気配管等である。これらに現れる損傷は、主に、疲労やクリープによる亀裂、エロージョンによる著しい減肉や欠損などである。一部の外部ケーシングの応力集中部を除き、多くの損傷は、ケーシングや配管や弁の内側に生じる。これは、一般に内部の方が温度が高いため、材料劣化が進行しやすくクリープや熱疲労が起こりやすいこと、また、蒸気にさらされていることによりエロージョンが起こり得ることによる。このため、多くの点検では、ケーシングや弁を開放してから点検するのが一般的である。また、動翼、静翼、ロータは構造上、ケーシングに囲われているため、ケーシングを開放してから点検が行なわれている。

**【 0 0 0 3 】**

これらの点検で行なわれる内容は、目視検査（P T、M T、特殊なゲージによる寸法計測を含む）、レプリカ採取、硬さ測定、電気化学的手法などが行なわれている。目視による検査は、主に現状における大きな異常を見つけることを主目的としている。すなわち、疲労やクリープ亀裂の有無、エロージョンによる減肉、カジリによる摩耗などである。一方、レプリカ採取等による検査は主に材料劣化を調査することを目的としている。レプリカ採取、硬さ測定、電気化学的手法などで計測した結果については、材料の劣化について十分に分析し、プラントの



長期的な保守運用計画を策定するのに用いられている。目視点検で発見した異常については、回転体などの欠陥が許容できない部位については、その場で対策が取られることが一般的である。その他の部位については、材料の劣化度やその部位の応力分布などのデータを基にその有害度を判定し、対策が決定される。応力分布は詳細な F E M 解析によるのが一般的である。

#### 【 0 0 0 4 】

図 1 0 は、タービンの従来の保守点検のフローチャートであり、検査に当たっては、まず、上半ケーシングを分解した後、回転体と静止部間のラジアル及びアキシャル方向の間隙計測を行う。その後ロータを吊り出し、ロータ、動翼、ノズル、車室等のラビング、欠損、浸食、割れの目視点検、及び P T、U T、或いは M T 等の非破壊検査を行い、不適合処理を行う。その後ロータを組み込み、間隙計測、修正を行い、上半ケーシングの組立を行う。

#### 【 0 0 0 5 】

しかし、図 1 1 に示すように、点検に際しタービン停止から再度定格温度になるまでには、約 3 0 日程度要し、図 1 1 に示す通り、間隙部の計測を含む一般的な点検は、温度がケーシングを開放することが可能な温度まで下がってから行われ、ケーシングを開放する工程において、各部位の温度はほぼ常温近くまで下がるのが普通である。

#### 【 0 0 0 6 】

一方、図 1 2 に示すように、蒸気管フランジからファーマーや C C D カメラを挿入して点検を行なった、ケーシングを開放しないで行なう従来の点検では、ケーシングを開放する工程の削減、及びケーシングを開放することで必然的に生じるケーシングと羽根との間隙を調整する工程を省略することができる。しかし、このような蒸気管フランジからファーマーや C C D カメラを挿入して行なう点検も、図 1 3 に示すように、一般的に常温近くまで温度を下げてから行なわれる。

#### 【 0 0 0 7 】

図 1 4 は、従来の点検診断工程を示す。目視検査（P T、M T、特殊なゲージによる寸法計測を含む）や U T によって、疲労やクリープ亀裂の有無、エロージョンによる減肉が見つかった場合、その部位の重要度に応じて決められた許容値

の範囲にあるかどうかが判定される。ここで、許容値を超えている場合は、直ちに補修や交換などの対策が決められる。許容値を超えていない場合、補修が容易なものについては、その場で補修がされる場合もあるが、通常は、レプリカ採取、硬さ測定、電気化学的手法などで得られた材料の劣化分析結果と、FEM解析や材力計算で得られたその部位の応力分布などのデータを基に亀裂進展評価を行な

い、その欠陥の有害度を判定し、対策が決定される。

#### 【0008】

すなわち、図14に示すように、欠陥検査により欠陥が検出されそのサイズや形状が測定されると、それまでの運転履歴情報や、レプリカ観察、軟化計測等による損傷の非破壊評価とにより、クリープ損傷、疲労損傷の如き材料が現在までに受けている損傷すなわち消費寿命を計算し、その計算結果を基にして、部材形状、運転条件等を基に有限要素法により求めた温度・応力確率分布、将来の運用形態、並びに材料特性の経年劣化による亀裂発生の可能性や亀裂の進展性等の余寿命を計算し、その余寿命を基に総合診断を行い、欠陥の有害度を判定し、それに対する対策が決定される。

#### 【0009】

##### 【発明が解決しようとする課題】

ところが、このような検査においては、目視検査において亀裂などの異常が発見された場合、その損傷の有害度を決定するのには、応力分布の推定に時間を有する。また、推定された応力分布は、FEM解析における温度境界条件の影響を大きく受ける。多くのプラントでは、これらの十分なデータがない場合も多く、その場合、FEM解析結果は必ずしも十分な精度を有しているとはいえない。このため、目視点検などで得られた、亀裂などの異常に対する有害度の判定精度は限られたものになる。

#### 【0010】

本発明では、このような点に鑑み、点検の結果得られた異常の有害度を、FEM応力解析などで得られた応力分布の推定結果を用いることなく、直接点検時に得られるデータを基に判定することで、高精度、かつ、短時間でタービンの点検

診断を可能とする方法及び装置を得ることを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

従来行なわれている点検は、上述のように、ケーシングや弁を開放する場合、蒸気管フランジなどを外した部位からファイバーやCCDカメラを入れる場合、または、UTなどで欠陥を調べる場合でも、タービンの温度が常温近くまで下がってから行なわれている。すなわち、点検で得られた結果は、タービンの温度がほぼ均等な温度分布を示している時のものである。

【0012】

該当部位における損傷の有害度を決定する場合、上述のように、亀裂のような欠陥では、その部位の運転中の応力履歴から亀裂が容易に進展するかどうかを破壊力学的の手法を用いて評価する。また、ケーシングなどの内圧がかかる部位では、この応力の発生因子は、内圧と温度分布による熱応力である。しかし、一般的なタービン高温部位では、内圧により生じる応力は、クリープ損傷を最小限にするため、熱応力に比べて小さく抑えられている。このため、熱応力を正確に把握することが、精度良く損傷を評価するのに最も重要である。また、力分布が亀裂進展に及ぼす影響を調べることは、亀裂の開口量を調べることに等価である。すなわち、熱応力が生じているときに、亀裂の開口を調べることにより、精度良く亀裂損傷の有害度を評価することができるといえる。このためには、該当部位の熱応力が最大となるときに、亀裂を観察することが必要となる。

【0013】

また、エロージョンによる減肉や欠損を評価する場合は、同様に、それにより、該当部の運転中の隙間や開口量がどのように変化したかが重要である。これら隙間や開口量は、各部位の温度分布の違いによる線膨張の影響を受ける。このため、該当部位の温度分布が大きいときに、減肉や欠損を観察することが必要となる。

【0014】

即ち、運転中の熱応力や温度差が大きい時に、亀裂などの欠陥やエロージョンによる減肉や欠損で生じた開口量を直接計測する検査方法によると、常温で検査

した結果と F E M などの応力解析結果とを組合わせた検査方法に比較して、高精度、かつ、短時間でタービンの点検を行なうことが可能となる。

【 0 0 1 5 】

このようなことから、本発明は以下のように構成したものである。

【 0 0 1 6 】

請求項 1 に係る発明は、外部ケーシングを開放せずに、タービン内部を点検診断する点検診断方法において、タービンの内部温度が 1 0 0 ℃ 以上の状態で、計測孔部から第 1 の計測手段を挿入して得た点検対象の状況を示すデータと、その点検時のタービン内部温度データを用い、タービンの健全性を評価することを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

請求項 2 に係る発明は、外部ケーシングを開放せずに、タービン内部を点検診断する点検診断方法において、タービンの内部温度が 1 0 0 ℃ 以上の状態で、点検部位に設けた第 2 の計測手段により得た点検対象の状況を示すデータと、その点検時のタービン内部温度データを用い、タービンの健全性を評価することを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

請求項 3 に係る発明は、請求項 1 または 2 に係る発明において、点検時の内部タービン温度を 1 0 0 ℃ 以上 3 0 0 ℃ 以下としたことを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

請求項 4 に係る発明は、請求項 2 に係る発明において、点検時の内部タービン温度を 1 0 0 ℃ 以上、第 2 の計測手段のキュリー点温度以下としたことを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

請求項 5 に係る発明は、請求項 1 または 2 に係る発明において、計測手段による計測によって得られたクラックに関する、大きさ、位置、方向のデータと、点検時のタービン温度と、その点検時のタービン温度から計算した該当部位の応力分布データとを基に、上記クラックの有害度を評価して、タービンの健全性を評価することを特徴とする。

**【 0 0 2 1 】**

請求項 6 に係る発明は、請求項 1 または 2 に係る発明において、タービンの各部材間の間隙または侵食量から得られる間隙に関するデータ、またはスケール厚さから得られる間隙に関するデータと、その点検時のタービン温度と、その点検時のタービン温度から計算した該当部位の運転中の間隙変化とを基に、間隙、または侵食量の有害度を評価して、タービンの健全性を評価することを特徴とする。

**【 0 0 2 2 】**

また、請求項 7 に係る発明は、請求項 1 または 2 に係る発明において、互いにタービン温度が異なる少なくとも 2 つ以上の時点で点検を行い、各々の点検時のタービン温度にて得られた点検対象のデータを基に、点検部位における点検対象の有害度を評価してタービンの健全性を評価することを特徴とする。

**【 0 0 2 3 】**

請求項 8 に係る発明は、請求項 7 に係る発明において、各々の点検時のタービン温度にて得られた点検対象のデータと、タービン温度 1 0 0 ℃未満の点検時の点検対象のデータを基に、該当部位の点検対象の有害度を評価してタービンの健全性を評価することを特徴とする。

**【 0 0 2 4 】**

さらに、請求項 9 に係る発明は、タービンの計測孔部からタービン内に挿入し、内部温度が 1 0 0 ℃以上の状態でタービン内の点検部位における点検対象の状態を計測する第 1 の計測手段と、点検時のタービン内部温度を検出するタービン内部温度検出手段と、上記第 1 の計測手段により計測された点検部位における点検対象の状態と点検時のタービン内部温度データとにより、タービンの健全性を評価する健全性評価手段とを有することを特徴とする。

**【 0 0 2 5 】**

請求項 1 0 に係る発明は、タービンの点検部位に設けられ、内部温度が 1 0 0 ℃以上の状態におけるタービン内の点検部位における点検対象状態を計測する第 2 の計測手段と、点検時のタービン内部温度を検出するタービン内部温度検出手段と、上記第 2 の計測手段により計測された点検部位における点検対象の状態と

点検時のタービン内部温度データとにより、タービンの健全性を評価する健全性評価手段とを有することを特徴とする。

#### 【0026】

##### 【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

#### 【0027】

図1は、本発明の第1の実施の形態における構成を示すブロック図であり、蒸気管或いは外部ケーシングの計測孔、またはフランジ等の計測手段挿入口から、ファイバースコープ、或いはCCDカメラの如き第1の計測手段を挿入して点検対象の点検を行なう。上記点検対象は、ノズルの侵食、動翼の侵食、翼とケーシング間の間隙、蒸気管内スケール、内部ケーシングクラック、或いは蒸気室内面のクラック、または弁のクラック等であり、上記ファイバースコープ、或いはCCDカメラの如き第1の計測手段を計測手段挿入口から挿入し、100℃以上の高温状況において、上記点検対象の状況を観察する。

#### 【0028】

すなわち、タービンにおける応力の発生原因は、内圧と温度分布による熱応力であるが、一般的なタービン高温部位では、内圧により生ずる応力よりも、温度分布による熱応力の方が大きく、タービン内部における亀裂の進展には上記熱応力分布の影響が大きい。したがって、亀裂損傷の有害度を評価するには、熱応力が生じているときに亀裂の開口を調べるのが好ましい。一方、蒸気タービンにおいて熱応力が最大となるのは、一般に起動-停止中に得られることが多く、その時点におけるタービン温度は300℃以内である。また、通常は内外の温度差は100℃以内に抑えられている。

#### 【0029】

図2(a)は、起動-停止時のタービンの温度とタービン内外の温度差を、(b)はタービン温度と熱応力の関係を示した図であり、温度差及び熱応力が最大となるのは、タービン内部温度が、100℃以上300℃以下で生じている。

#### 【0030】

そこで、本発明に於いては、外部ケーシングを開放することなく、運転中の熱

応力発生時に近い100～300℃におけるタービン内部の亀裂や損傷を観察するようにした。

#### 【0031】

そして、上記第1の計測手段で計測した各点検対象のデータと、その点検時のタービン内部温度とにより、上記点検対象の損傷の有害度を判定する。

#### 【0032】

すなわち、上記第1の計測手段で計測した各点検対象のデータと、その点検時のタービン内部温度を用いることにより、高温の或る温度状態の時ににおける損傷の程度、例えばクラックの大きさ等を検知することができ、それに基づいて、熱応力が最大になる時点においてクラックがどのように変わるか等を容易に推測することができる。したがって、従来のように、常温で検査した結果とFEMなどの応力解析結果とを組み合わせるようなことを行う必要がなく、高精度、かつ、短時間でタービンの損傷の有害度を判定することができる。

#### 【0033】

図3は、本発明の第2の実施の形態における構成を示すブロック図であり、点検時に温度が低下するのを防ぐため、外部ケーシング、内部ケーシング、または蒸気配管表面、或いは弁表面の如き計測部位に、UT計測プローブ、或いはレーザーUT計測プローブの如き第2の計測手段を取りつけて、ノズルの侵食、動翼の侵食、蒸気管内スケール、内部ケーシングクラック、蒸気室内面のクラック、弁のクラックの如き点検対象の状況を非開放で点検する。そして、この点検により得た点検対象の状況を示すデータと、その点検時のタービン内部温度を用いてタービンの健全性を評価する。

#### 【0034】

しかして、この場合にも第1の実施の形態と同様に、上記第2の計測手段で計測した各点検対象のデータと、その点検時のタービン内部温度により、高温の或る温度状態の時ににおける損傷の程度、例えば侵食の程度等を検知することができ、それに基づいて、温度が最大になる時点において侵食がどのように変わるか等を容易に推測することができる。したがって、従来のように、常温で検査した結果とFEMなどの応力解析結果とを組み合わせるようなことを行う必要がなく、高

精度、かつ、短時間でタービンの損傷の有害度を判定することができる。

#### 【0035】

図4は、第3の実施の形態における構成を示すブロック図であり、第1及び第2の実施の形態とを組合わせたものであり、異なる部位、異なる温度における各部の損傷状況を得ることにより、総合的な点検評価を行うことができる。

#### 【0036】

図5(a)、(b)、(c)は、それぞれCCDカメラやファイバースコープによる目視点検、圧電素子による点検、及び目視点検と圧電素子による点検の両者を行った場合の、温度に対する感度の変化を示す図であり、CCDカメラ等を使用した場合には、100℃以下ではレンズなどへの結露が生ずることがあり、検出感度が低下する可能性がある。また、圧電素子の精度は、キュリー点温度を越えると急激に低下する。そこで、タービンの点検温度は、100℃以上、かつ、キュリー点温度以下することが必要である。また、いくつかの素子では、キュリー点が300℃を越えることが分かっている。したがって、圧電素子のキュリー点が300℃を越えるものを選択した場合には、点検時のタービン内部温度を圧電素子のキュリー点温度以下とすることが好ましい。

#### 【0037】

図6は、第4の実施の形態における構成を示すブロック図であり、特に点検部位における熱応力の影響を考慮するようにしたものである。すなわち、点検部位の部材形状、運転条件を基にして、点検時におけるタービン内部温度に対応する当該部の応力分布を算出し、前記第1～3の実施の形態において得られたクラックに関する、大きさ、位置、方向のデータと、その点検時のタービン温度、並びに上記応力分布データを基に、欠陥評価装置において損傷の進展速度等を計算して、その損傷の有害度を評価するようにしたものである。

#### 【0038】

しかして、この場合にも第1～第3の実施の形態と同様な効果を奏する。

#### 【0039】

図7は、第5の実施の形態における構成を示すブロック図であり、第4の実施の形態と同様に、間隙、または侵食量から得られる間隙に関するデータと、また



は、スケール厚さから得られる間隙に関するデータと、点検時のタービン温度と、該当部位の応力分布に基づく運転中の間隙変化を基に、間隙、または浸食量の有害度を評価するようにしたものである。

#### 【0 0 4 0】

図 8 は、第 6 の実施の形態における構成を示すブロック図であり、タービン内部温度が互いに異なる少なくとも 2 つ以上の複数の時点で点検を行うようにしたものである。この場合、少なくとも 2 つ以上の複数のタービン温度時に点検を行うことにより、その温度差と、計測結果を用いて、温度の変化に対応した損傷量例えば亀裂の開口量の評価を行なうことが可能である。例えば、運転中の最大応力が生じる時の亀裂の開口量と停止時の亀裂の開口量データを用いれば、弾塑性応力場での破壊力学的評価と同等の結果が得られる。また、複数の温度と応力分布データベースを基に、点検した温度より外れた温度の時の損傷や、点検した温度の比較的近い範囲の 2 ケース以上の温度の中間温度における損傷の程度を推測する、すなわち外挿や内挿を行うことができる。さらに、点検を行う複数のタービン温度の内その一つを、タービン停止時に近いタービン温度 1 0 0℃未満の温度とすることもできる。

#### 【0 0 4 1】

図 9 は、さらに他の実施の形態を示す図である。すなわち、いままでの評価では、材料の劣化は評価には用いなかったが、従来の点検同様に、材料の劣化の計測結果も考慮し、その有害度を評価する。材料の劣化の計測方法は、比較的高温でも可能な硬さ計測法が好ましいが、もちろん他の方法を除外するものではない。また、該当部の硬さを計測して直接その劣化を計測し、評価に用いることもでき、或いは該当部位の硬さを直接計測するのではなく、該当部位の劣化を間接的に評価可能な部位の硬さを計測することもできる。

#### 【0 0 4 2】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明は、タービン温度が十分高い、熱応力や温度差が大きい時に、亀裂などの欠陥やエロージョンによる減肉や欠損で生じた開口量を直接計測する点検を行なうことにより、直接的にその欠陥や異常の有害度を判定

することができ、常温で検査した結果と F E M などの応力解析結果とを組合わせた検査方法に比較して、高精度、かつ、短時間でタービンの点検を行なうことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明に係る点検診断方法の第 1 の実施の形態における構成を示すブロック図

。

【図 2】

(a)、(b) はタービン温度に対する温度差、及び熱応力の変化図。

【図 3】

本発明に係る点検診断方法の第 2 の実施の形態における構成を示すブロック図

。

【図 4】

本発明に係る点検診断方法の第 3 の実施の形態における構成を示すブロック図

。

【図 5】

(a)、(b)、(c) は、それぞれ目視点検、圧電素子による点検、及びその両者による点検における温度に対する感度の変化を示す図。

【図 6】

本発明に係る点検診断方法の第 4 の実施の形態における構成を示すブロック図

。

【図 7】

本発明に係る点検診断方法の第 5 の実施の形態における構成を示すブロック図

。

【図 8】

本発明に係る点検診断方法の第 6 の実施の形態における構成を示すブロック図

。

【図 9】

本発明に係る点検診断方法の第 7 の実施の形態における構成を示すブロック図

。

【図 1 0】

従来の蒸気タービンの点検診断方法のフローチャート。

【図 1 1】

従来の点検診断時におけるタービン温度の変化を示す図。

【図 1 2】

従来の点検方法の説明図。

【図 1 3】

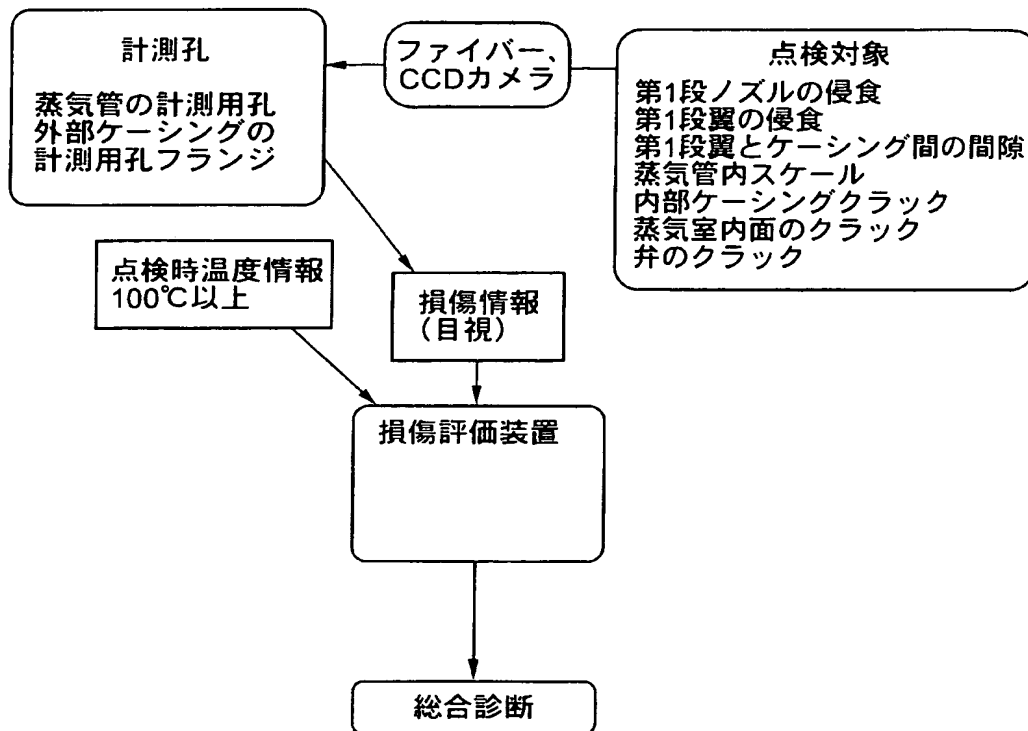
従来の他の点検診断時におけるタービン温度の変化を示す図。

【図 1 4】

従来の蒸気タービンの点検診断方法を示すブロック図。

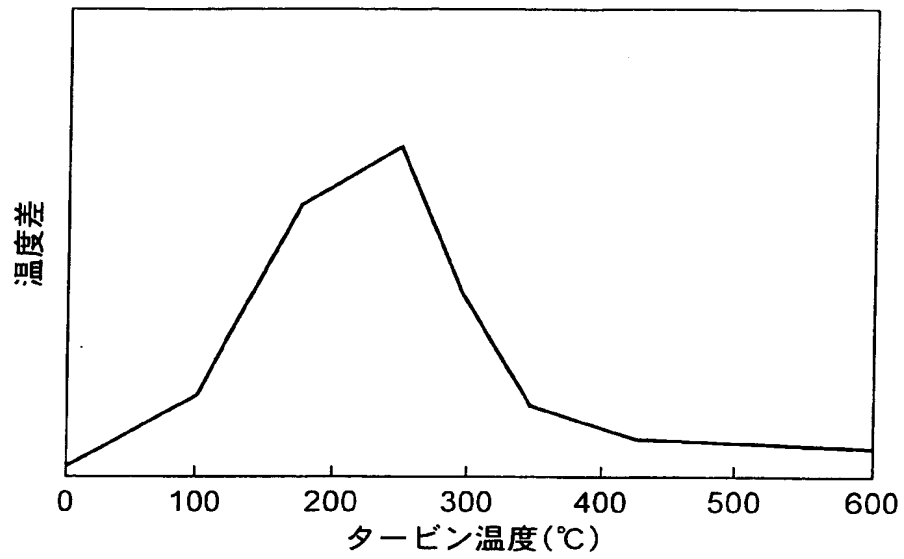
【書類名】 図面

【図 1】

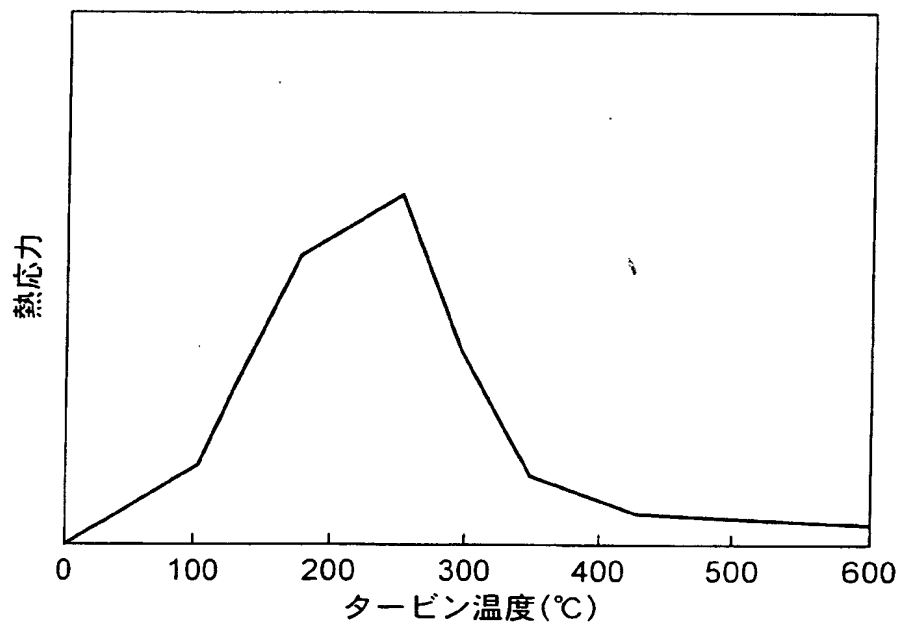


【図 2】

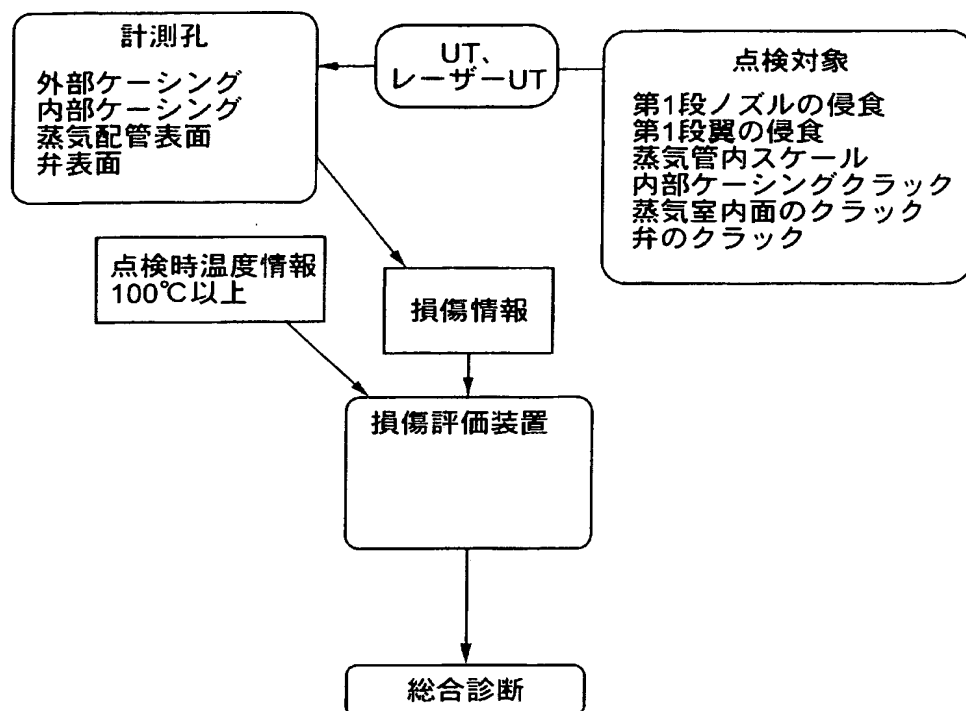
(a)



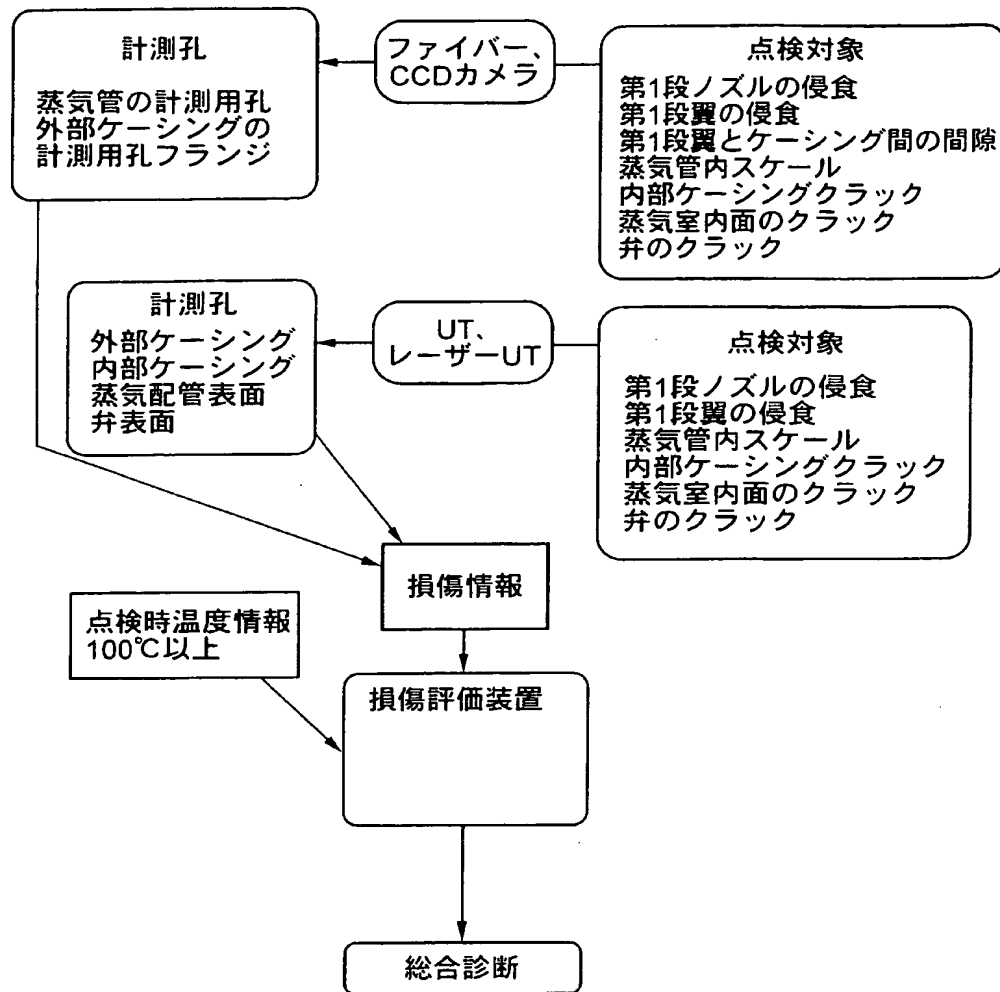
(b)



【図3】



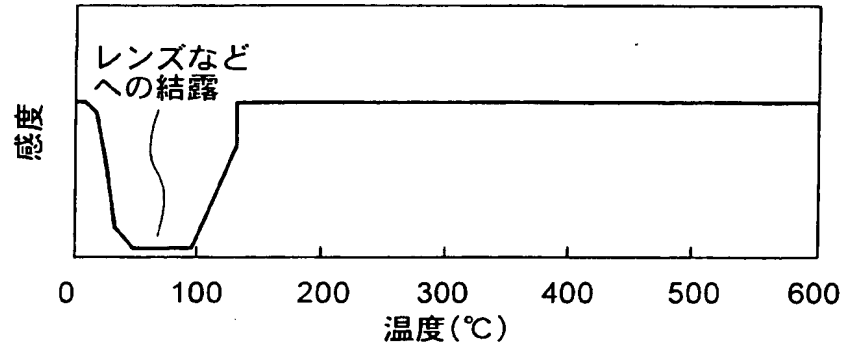
【図 4】



【図5】

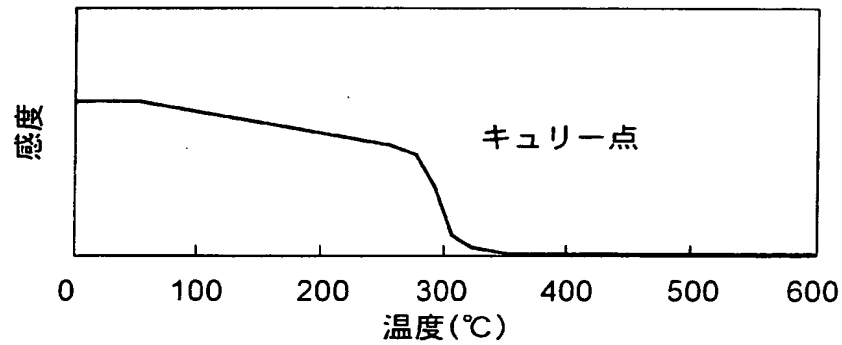
(a)

①目視点検: CCD、ファイバースコープなど



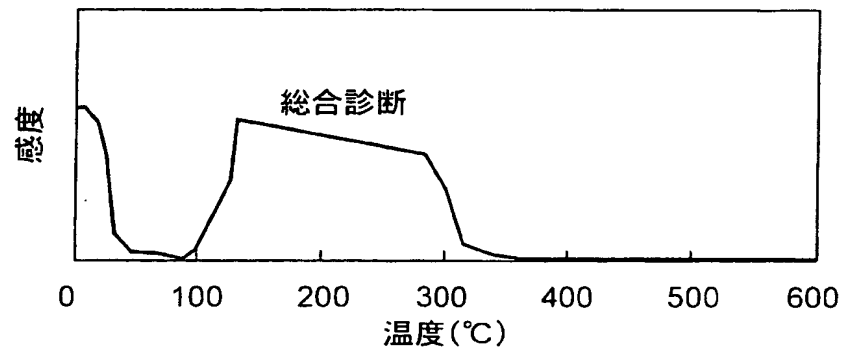
(b)

②圧電素子による点検: UT、AEなど



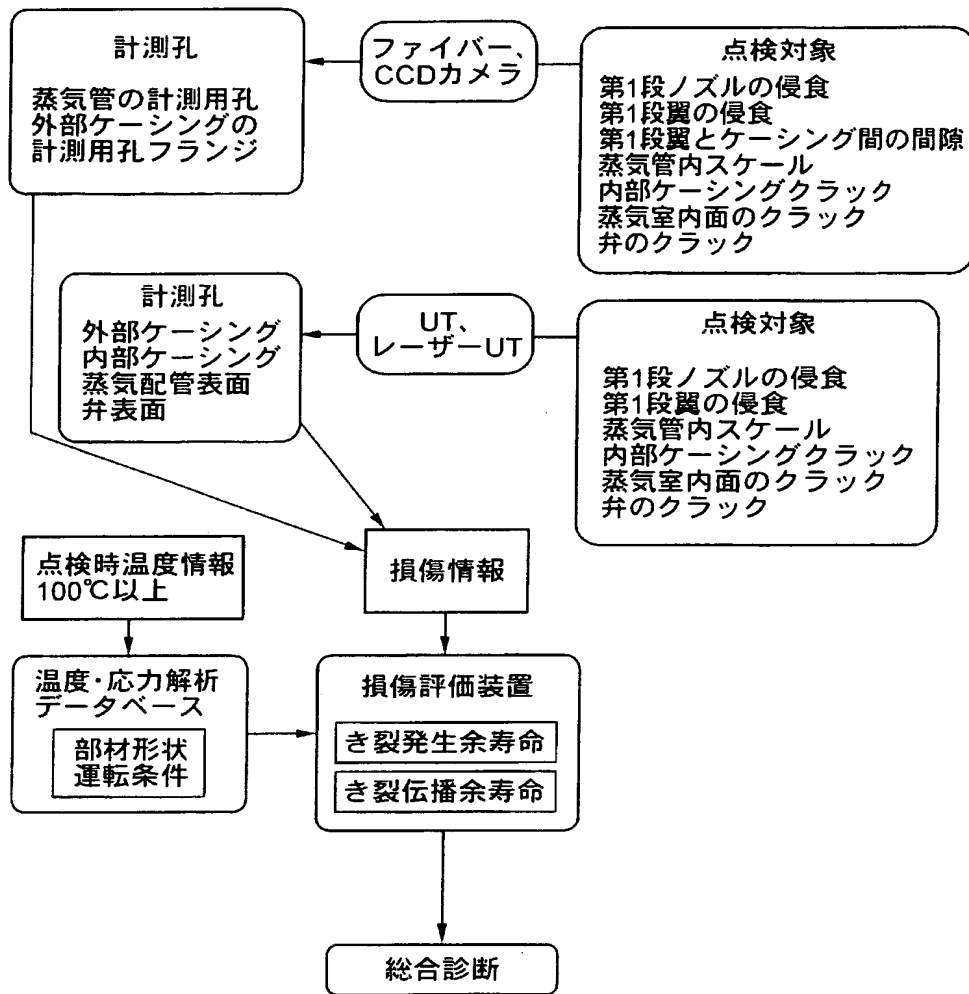
(c)

③目視手段と圧電素子による点検を両方行なう

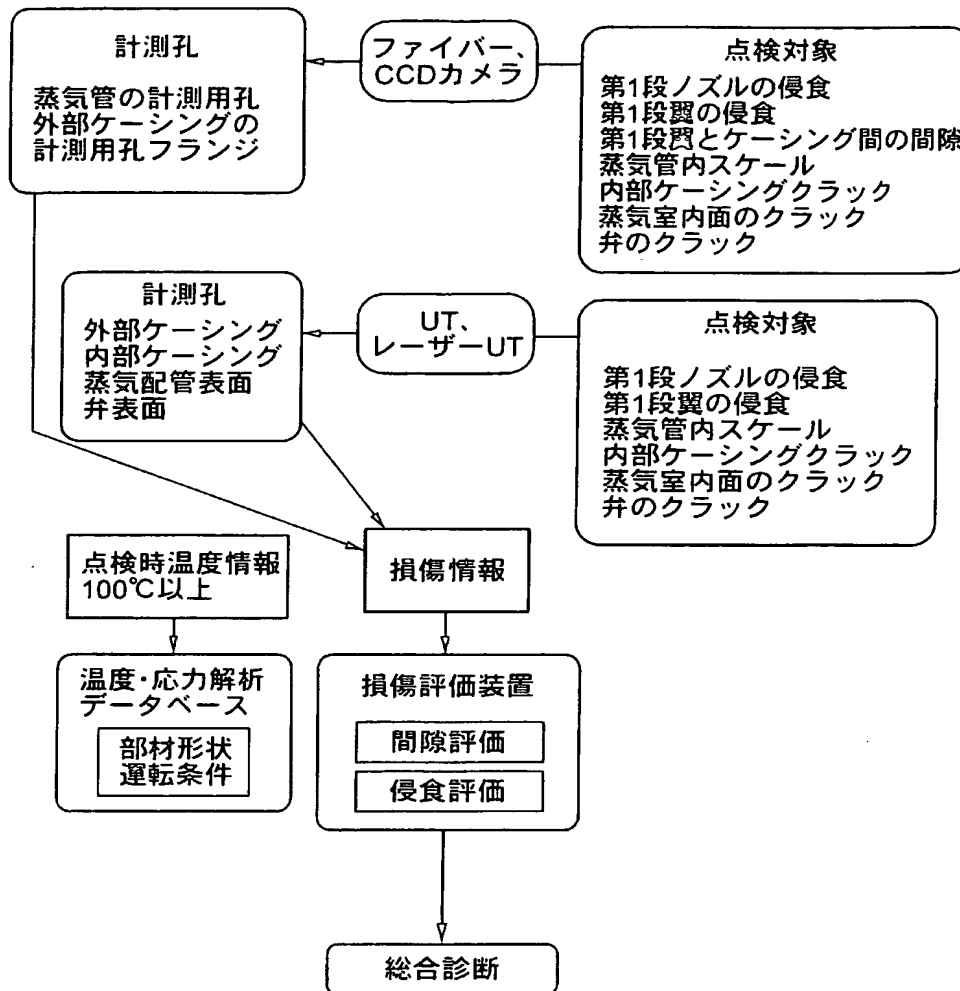




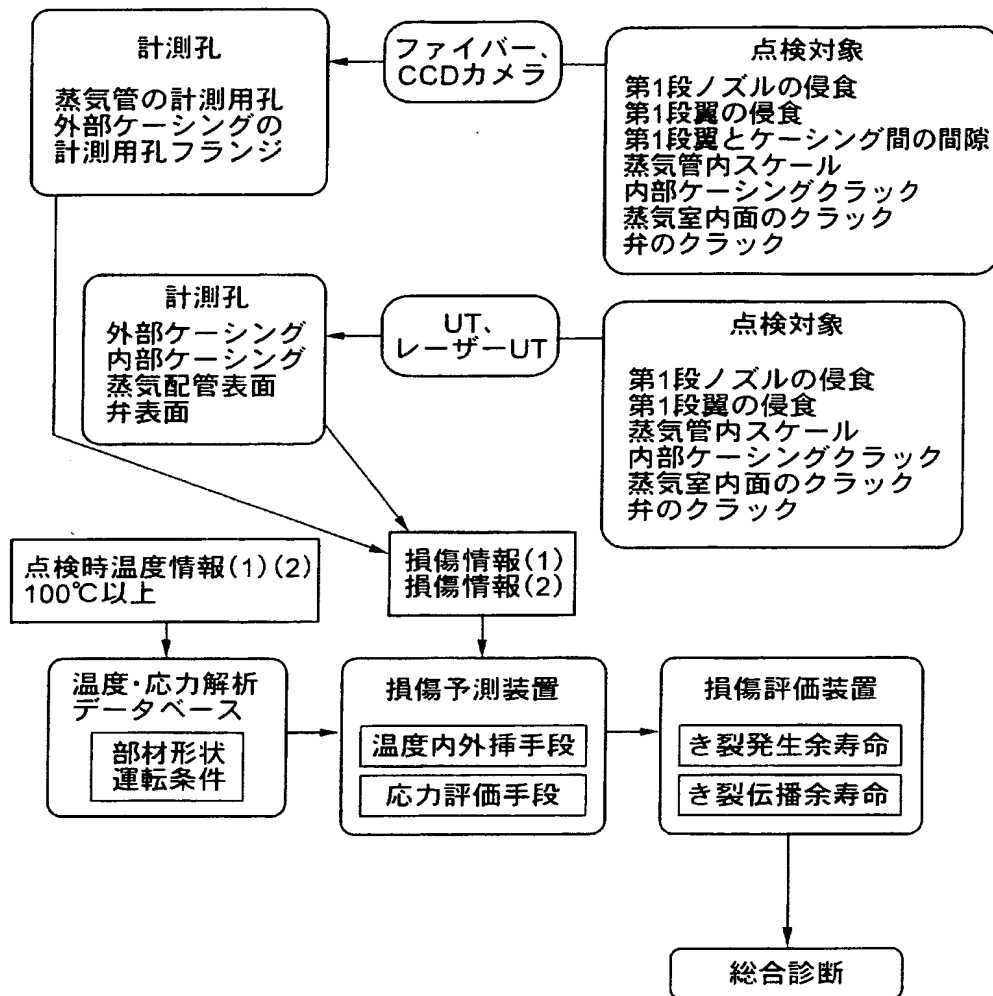
【図 6】



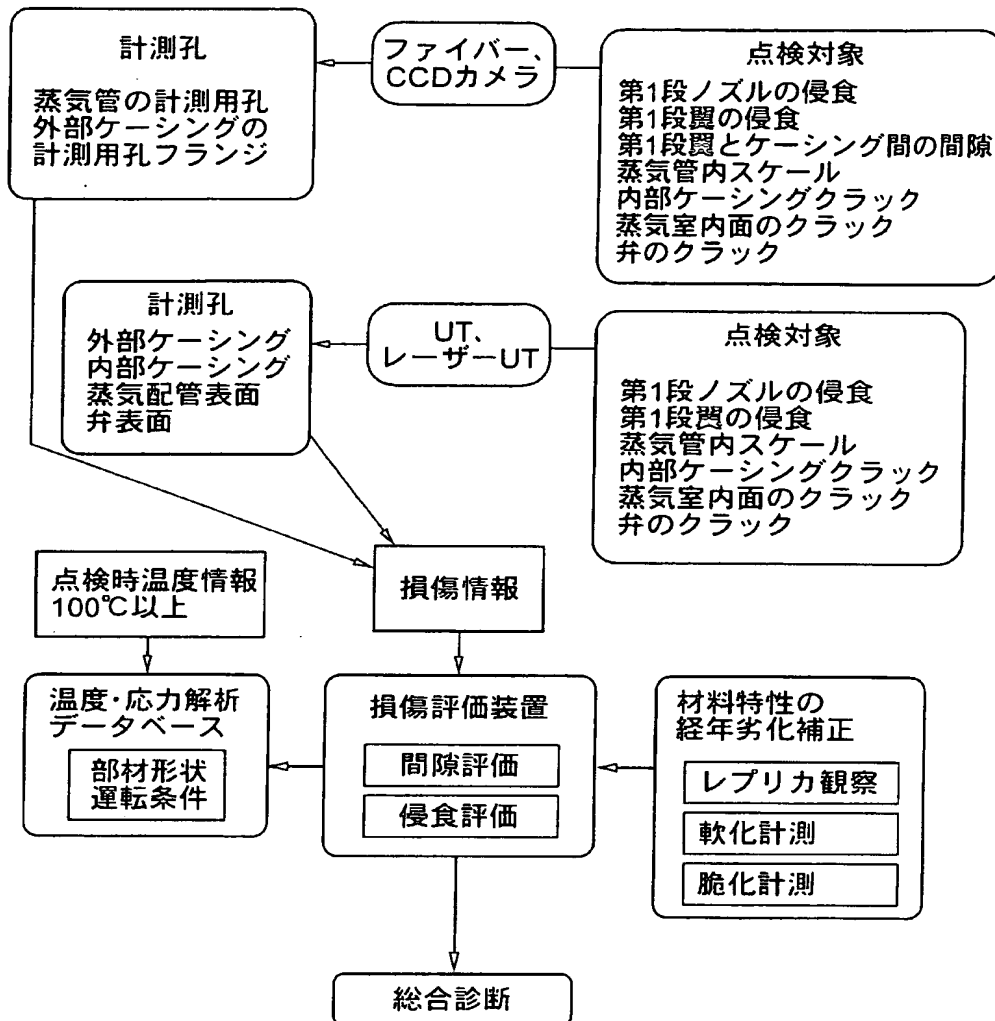
【図 7】



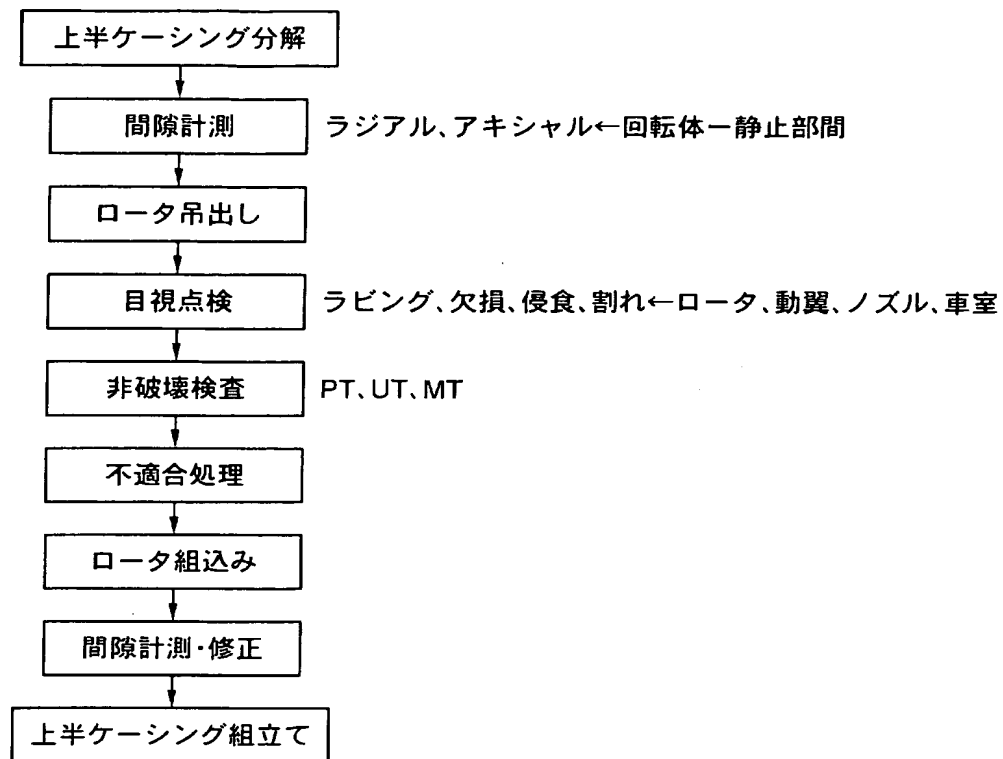
【図 8】



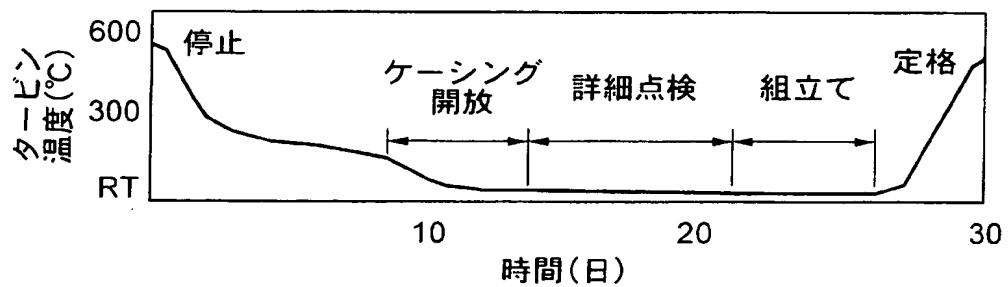
【図9】



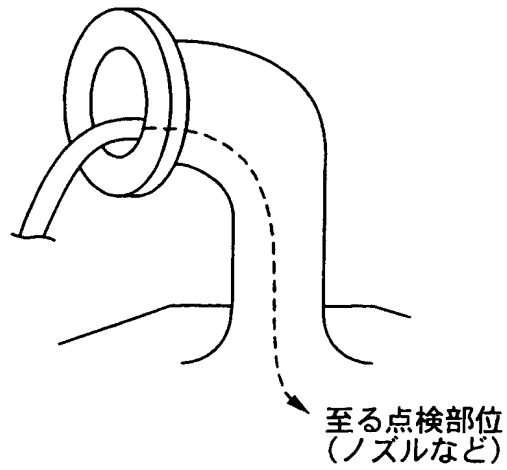
【図 10】



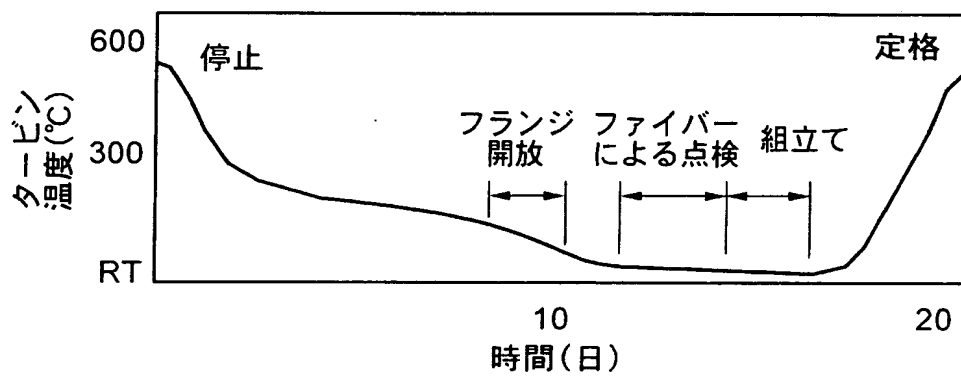
【図 11】



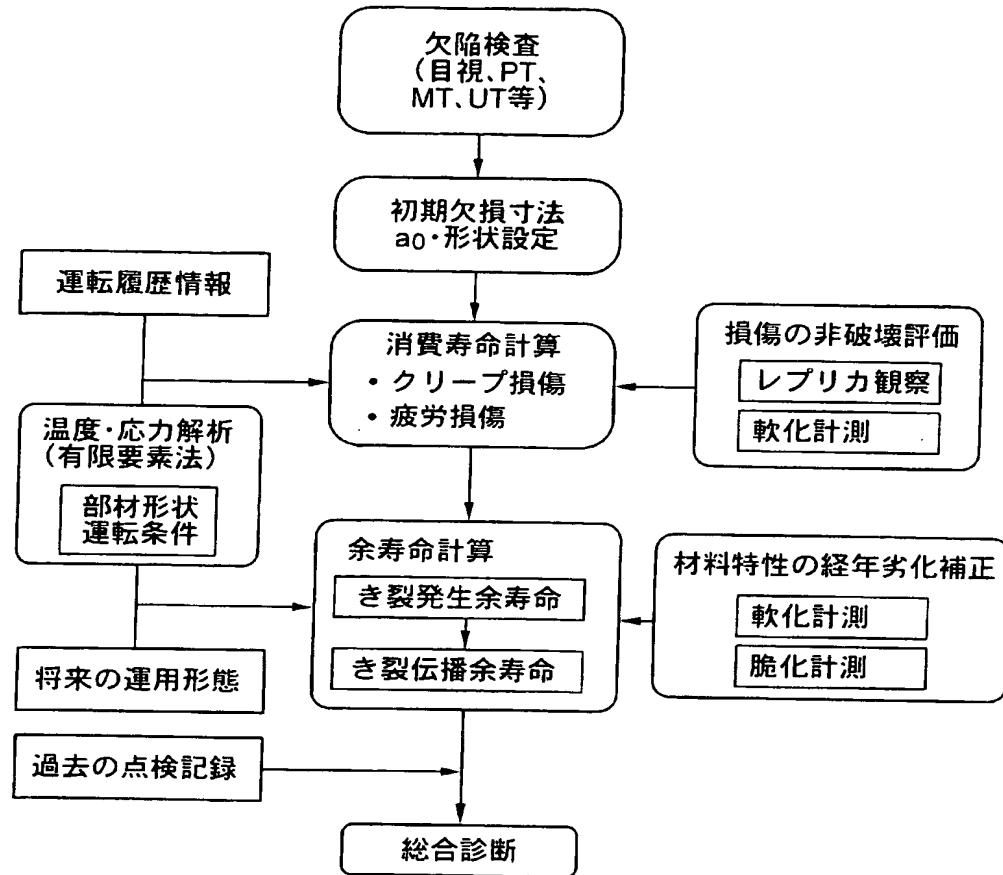
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 点検により検出された損傷の有害度を、直接点検時に得られるデータを基に判定することで、高精度、かつ、短時間でタービンの点検診断を可能とする方法を提供すること。

【解決手段】 タービン高温部位では、その応力は熱応力が支配的であることから、熱応力が生じているときに、亀裂の開口を調べることにより、精度良く亀裂損傷の有害度を評価することができる。そこで、蒸気タービンの内部温度が 1 0 0 ℃以上の高温状態で、蒸気管の計測孔の如き計測孔から C C D カメラのような第 1 の計測手段を挿入し、それにより得たノズルの浸食のような点検対象の状況を示すデータと、その点検時のタービン内部温度とを用い、タービンの健全性を評価する。

【選択図】 図 1



特願 2002-297068

出願人履歴情報

識別番号

[000003078]

1. 変更年月日

2001年 7月 2日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区芝浦一丁目1番1号

氏 名

株式会社東芝